

EX-10074773

03 MAR 2004

PCT/JP03/13171

15.10.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

RECEIVED	
04 DEC 2003	
WIPO	PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 9月12日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-321639
[ST. 10/C]: [JP2003-321639]

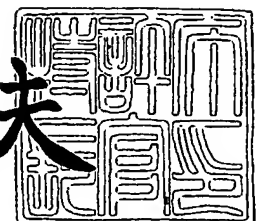
出 願 人
Applicant(s): 株式会社荏原製作所
株式会社島津製作所

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年11月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 EB3160P
【提出日】 平成15年 9月12日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G01B 11/06
G01J 03/52

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内
【氏名】 小林 洋一

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内
【氏名】 中井 俊輔

【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内
【氏名】 辻 仁志

【発明者】
【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内
【氏名】 佃 康郎

【発明者】
【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内
【氏名】 石本 潤喜

【発明者】
【住所又は居所】 京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地 株式会社島津製作所内
【氏名】 新屋 和也

【特許出願人】
【識別番号】 000000239
【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

【特許出願人】
【識別番号】 000001993
【氏名又は名称】 株式会社島津製作所

【代理人】
【識別番号】 100091498
【弁理士】
【氏名又は名称】 渡邊 勇

【選任した代理人】
【識別番号】 100092406
【弁理士】
【氏名又は名称】 堀田 信太郎

【選任した代理人】
【識別番号】 100093942
【弁理士】
【氏名又は名称】 小杉 良二

【選任した代理人】
【識別番号】 100109896
【弁理士】
【氏名又は名称】 森 友宏

【先の出願に基づく優先権主張】
【出願番号】 特願2002-303628
【出願日】 平成14年10月17日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996
 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9112447
 【包括委任状番号】 0018636

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

光源と、

研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、前記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、

前記研磨テーブルの内部に配置され、前記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、

前記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、

前記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、

前記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って前記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、

前記研磨テーブルの回転に同期した所定のタイミングで前記受光素子によるサンプリングを行う制御部と、

前記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、前記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置。

【請求項 2】

前記制御部は、前記研磨テーブルの中心と前記研磨対象物の中心とを結ぶ線上の点がサンプリング点となるように、前記受光素子によるサンプリングのタイミングを制御することを特徴とする請求項 1 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 3】

前記発光部及び前記受光部は、前記研磨対象物の中心を通過することを特徴とする請求項 2 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 4】

前記制御部は、前記受光素子によるサンプリングのサンプリング周期を前記研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 5】

光源と、

研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、前記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、

前記研磨テーブルの内部に配置され、前記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、

前記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、

前記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、

前記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って前記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、

前記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータの波長成分に所定の重み係数を乗じる乗算を含む演算により前記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置。

【請求項 6】

前記特性値として、前記スペクトルデータを色度座標値に変換したものをを用いることを特徴とする請求項 5 に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 7】

前記光源は、波長帯域を有する光を発することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 8】

前記光源は、パルス点灯光源であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に

記載の研磨状態監視装置。

【請求項 9】

前記光源は、少なくとも前記受光素子が前記被研磨面からの反射光を受光している間、連続して点灯する連続点灯光源であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置。

【請求項 10】

前記研磨対象物を保持するトップリングと、
前記研磨対象物を摺接させる研磨面を有する研磨テーブルと、
請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の研磨状態監視装置と、
前記研磨テーブルに取付けられ、前記研磨状態監視装置の発光部からの光と前記被研磨面からの反射光を透過させる透光部とを備えたことを特徴とするポリッシング装置。

【請求項 11】

研磨対象物の被研磨面に形成された膜を研磨する方法であって、
光源から前記被研磨面に光を照射し、
前記被研磨面からの反射光を受光し、
前記受光した光を分光してスペクトルデータを生成し、
前記スペクトルデータに所定の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成し、
前記スカラー値を用いて前記被研磨面に対する特性値を算出し、
前記特性値を用いて前記被研磨面の研磨進捗状況を監視することを特徴とする研磨方法。

【請求項 12】

前記特性値の時間変化の特徴点を検知し、
前記検知がなされてから所定の時間経過した時点で研磨を停止し、又は、研磨条件を変更することを特徴とする請求項 11 に記載の研磨方法。

【請求項 13】

前記特性値の時間変化を用いて前記重み関数を調節することを特徴とする請求項 11 又は 12 に記載の研磨方法。

【請求項 14】

前記重み関数を波長軸に沿って移動させて調節することを特徴とする請求項 13 に記載の研磨方法。

【請求項 15】

前記膜は金属膜からなることを特徴とする請求項 11 乃至 13 のいずれか一項に記載の研磨方法。

【請求項 16】

前記膜は酸化膜からなることを特徴とする請求項 11 乃至 14 のいずれか一項に記載の研磨方法。

【請求項 17】

前記スペクトルデータに前記重み関数とは異なる所望の第 2 の重み関数を乗じて積分することにより第 2 のスカラー値を生成し、
前記第 2 のスカラー値を用いて前記被研磨面に対する第 2 の特性値を算出し、
前記特性値と前記第 2 の特性値とを用いて被研磨面の研磨進捗状況を監視することを特徴とする請求項 11 乃至 14、及び、16 のいずれか一項に記載の研磨方法。

【請求項 18】

研磨対象物の被研磨面に形成された膜を研磨するポリッシング装置であって、
前記被研磨面に光を照射する光源と、
前記被研磨面からの反射光を受光する受光部と、
前記受光部により受光された光を分光する分光器と、
前記分光された光からスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、
前記スペクトルデータに所望の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成

し前記スカラー値を用いて前記被研磨面に対する特性値を算出する演算部と、
前記重み関数を設定するための入力部と、
前記特性値を監視するための表示部とを有することを特徴とするポリッシング装置。

【請求項 19】

前記研磨対象物を摺接させて研磨する研磨面と、
前記研磨対象物を保持し、前記研磨面に対して前記研磨対象物の被研磨面を押圧するトップリングと、
前記特性値の時間変化の特徴点を検知する検出部と、
前記特徴点を検知してから所望時間経過後に研磨を停止し、又は、研磨条件を切り替える制御部とを有することを特徴とする請求項 18 に記載のポリッシング装置。

【請求項 20】

前記膜は金属膜からなることを特徴とする請求項 18 又は 19 に記載のポリッシング装置。

【請求項 21】

前記膜は酸化膜からなることを特徴とする請求項 18 又は 19 に記載のポリッシング装置。

【請求項 22】

前記演算部は、前記スペクトルデータに前記重み関数とは異なる所望の第 2 の重み関数を乗じて積分することにより第 2 のスカラー値を生成し、
前記第 2 のスカラー値を用いて前記被研磨面に対する第 2 の特性値を算出することを特徴とする請求項 18、19、又は、21 に記載のポリッシング装置。

【請求項 23】

研磨対象物の被研磨面に光を照射する光源と、
前記被研磨面からの反射光を受光する受光部と、
前記受光部により受光された光を分光する分光器と、
前記分光された光からスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、
前記スペクトルデータに所望の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成し前記スカラー値を用いて前記被研磨面に対する特性値を算出する演算部と、
前記重み関数を設定するための入力部と、
前記特性値を監視するための表示部とを有することを特徴とする研磨状態監視装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 研磨状態監視装置、ポリッシング装置、及び研磨方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、研磨状態監視装置に係り、特に半導体ウェハなどの研磨対象物の被研磨面の特性値を測定して、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定する研磨状態監視装置に関するものである。また、本発明は、かかる研磨状態監視装置を備えたポリッシング装置及び研磨方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年の半導体デバイスの高集積化に伴う配線の微細化、及び多層化の要求によって、半導体ウェハの表面の平坦度が要求されている。このため、化学機械研磨（CMP）により半導体ウェハの表面の凹凸を除去してその表面を平坦化することが行われている。

【0003】

上記化学機械研磨においては、所定時間の研磨を行った後に所望の位置で研磨を終了する必要がある。例えば、CuやAlなどの金属配線の上部にSiO₂等の絶縁層（この後の工程で絶縁層の上に更に金属などの層を形成するため、このような絶縁層は層間膜と呼ばれる。）を残したい場合がある。このような場合、研磨を必要以上に行うと下層の金属膜が表面に露出してしまうので、層間膜を所定の膜厚だけ残すように研磨を終了する必要がある。

【0004】

また、半導体ウェハ上に予め所定パターンの配線用の溝を形成しておき、その中にCu（銅）又はその合金を充填した後に、表面の不要部分を化学機械研磨（CMP）により除去する場合がある。Cu層をCMPプロセスにより研磨する場合、配線用溝の内部に形成されたCu層のみを残して半導体ウェハからCu層を選択的に除去することが必要とされる。すなわち、配線用の溝部以外の箇所では、（SiO₂などからなる）絶縁膜が露出するまでCu層を除去することが求められる。

【0005】

この場合において、過剰研磨となって、配線用の溝内のCu層を絶縁膜と共に研磨してしまうと、回路抵抗が上昇し、半導体ウェハ全体を廃棄しなければならず、多大な損害となる。逆に、研磨が不十分で、Cu層が絶縁膜上に残ると、回路の分離がうまくいかず、短絡が起こり、その結果、再研磨が必要となり、製造コストが増大する。

【0006】

このため、光学式センサを用いて反射光強度を測定し、測定された反射光強度に基づいてCMPプロセスの加工終点を検出する研磨状態監視装置が知られている。すなわち、投光素子と受光素子とを備えた光学式センサを設置し、この光学式センサから半導体ウェハの被研磨面に光を照射する。そして、被研磨面における光の反射率の変化を検知して、CMPプロセスの加工終点を検出している。

【0007】

ここで、上述したCMPプロセスにおいて光学的特性を測定する方法としては、以下のようなものが知られている。

（１）半導体レーザや発光ダイオード（LED）などの単色光源を被研磨面に照射し、その反射強度の変化を検出する。

（２）白色光を被研磨面に照射し、その分光（比）反射率を予め記録してある研磨終点の分光（比）反射率と比較する。

また、最近では、ウェハの初期膜厚を推定し、レーザ光をウェハに照射して、反射した反射光の反射強度の測定値の時間変化を正弦波のモデル関数で近似して膜厚を算出する研磨状態監視装置も開発されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、従来の研磨状態監視装置においては、研磨対象物における各サンプリグ点の位置が制御されておらず、研磨テーブルの初期の回転位置や回転加速度、定常時の回転速度、サンプリグの開始時刻などによってサンプリグ点が変わってしまうため、ウェハ中央線上やウェハ端部など、ウェハ表面の所望の位置における膜厚等の特性値を測定することができなかった。特に、サンプリグ周期が長い場合には、残膜プロファイルを推定するのが難しいという問題があった。

【0009】

また、上述したモデル関数を用いて膜厚測定を行う研磨状態監視装置においては、予想初期膜厚と反射強度の測定値の時間変化に基づいて膜厚を算出しているため、研磨中に研磨速度が変わる場合や初期膜厚の推定が困難な場合、あるいは初期膜厚が小さい場合などにおいては、精度のよいモデル関数を求めることができず、膜厚を測定することが困難であった。

【0010】

また、サンプリグ周期が長く1つのサンプリグ点（サンプリグ領域）が研磨対象物の表面上の広範囲に亘る場合に、パターンや研磨量の違いによって様々な膜厚を一度に測定することとなり、精度のよいモデル関数を求めることができず、膜厚を測定することが困難であった。

【0011】

また、CMPプロセスにおいては、スラリ（研磨液）や気泡、あるいは機械的な振動などの影響により被研磨面からの反射光の強度にバラツキが生じる。すなわち、単色光源を用いた場合には、反射光の強度の変動が直接的に測定誤差の要因となり、白色光を用いた場合には、分光（比）反射率の変動はそのまま誤差要因となり、終点検出の精度が低下してしまう。

【0012】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、研磨中の研磨対象物の被研磨面上の膜の状態を精度よく、かつ、安価に測定し、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定することができる研磨状態監視装置及び該研磨状態監視装置を備えたポリッシング装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の第1の態様は、光源と、研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、上記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、上記研磨テーブルの内部に配置され、上記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、上記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、上記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って上記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記研磨テーブルの回転に同期した所定のタイミングで上記受光素子によるサンプリグを行う制御部と、上記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、上記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置である。

【0014】

このような構成により、受光素子によるサンプリグのタイミングを適切に調整することができるので、発光部及び受光部（照射光及び反射光の経路）が研磨対象物の表面を横切る経路上において、測定点を所望の位置に合わせることができる。これにより、研磨テーブルの回転ごとに研磨対象物の表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリグ周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブルの回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、受光素子に蓄積された電気的情報の読取や計算に時間がかかってサンプリグ周期が長くなっても、研磨

対象物の表面にある複数の半径位置の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。このように、サンプリング間隔が長くてもよいことから、受光素子としてフォトダイオードアレイなど汎用の受光素子を用いることができ、光学系を安価に構成することができる。

【0015】

また、被研磨面からの反射光を複数の波長に分光することにより、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。また、複数の波長の光を用いることによってサンプリング間隔が長くなっても、上述したように、研磨対象物の表面にある複数の半径位置の特定点の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。

【0016】

本発明の好ましい一態様は、上記制御部は、上記研磨テーブルの中心と上記研磨対象物の中心とを結ぶ線上の点がサンプリング点となるように、上記受光素子によるサンプリングのタイミングを制御することの特徴としている。

【0017】

本発明の好ましい一態様は、上記発光部及び上記受光部は、上記研磨対象物の中心を通過することの特徴としている。このように、受光素子が研磨対象物の中心を通るように構成し、前述のようにサンプリングのタイミングを制御することにより、研磨テーブルが1回転するたびに研磨対象物の中心を定点として必ず測定することができ、研磨対象物上の残膜状況の時間変化をより正確に把握することができる。

【0018】

本発明の好ましい一態様は、上記制御部は、上記受光素子によるサンプリングのサンプリング周期を上記研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるように構成されていることを特徴としている。このように、サンプリング周期を研磨テーブルの回転速度に基づいて調整できるので、研磨対象物表面上の所望の半径位置2箇所以上をサンプリング点とすることができる。したがって、ウェハ中心やウェハ端部など特定の点の残膜状況の推移を見ることができ、より精度の高い測定が可能となる。

【0019】

本発明の第2の態様は、光源と、研磨面を有する研磨テーブルの内部に配置され、上記光源からの光を研磨対象物の被研磨面に照射する発光部と、上記研磨テーブルの内部に配置され、上記研磨対象物の被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部により受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、上記分光器により分光された複数の波長の光を受光して電気的情報として蓄積する受光素子と、上記受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って上記反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータの波長成分に所定の重み係数を乗じる乗算を含む演算により上記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部とを備えたことを特徴とする研磨状態監視装置である。

【0020】

このように、スペクトルデータに基づく特性値（指標）を算出することにより、初期膜厚が小さい場合や膜の透光性が小さく干渉信号を発生しない場合などにおいても、算出された特性値に基づいて研磨状態の監視を行うことができる。例えば、サンプリング点に対応する領域の色合いを特性値として数値化して表わすことができ、ある膜の除去など、色合いが変化する変化点を検知することができる。したがって、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。また、特性値を正規化することができるので、スペクトルデータの変動の影響をなくすことができる。

【0021】

本発明の好ましい一態様は、上記特性値として、上記スペクトルデータを色度座標値に変換したものをを用いることを特徴としている。このように、正規化された色度座標値を特

性値として用いることにより、スペクトルデータの変動の影響を正規化の効果によりなくすことができる。したがって、測定系の不安定さに起因するスペクトルデータの変動の影響をなくすことができる。

【0022】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、波長帯域を有する光を発することを特徴としている。このように、光源として白色光をはじめとする波長帯域の広い光を用いて反射光を分光し、反射スペクトルを得ることで、半導体レーザーやLED等の単色光源を使用した場合のように各時点において過去の計測値に左右されることなく膜厚を算出することができる。したがって、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。

【0023】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、パルス点灯光源であることを特徴としている。このように、光源としてパルス点灯光源を用いることにより、各サンプリング点に対応する被計測面の範囲を狭くすることができるので、研磨パターンや研磨量の違いなどの影響を受けにくくなり、特性値をより精度よく算出することができる。

【0024】

本発明の好ましい一態様は、上記光源は、少なくとも上記受光素子が上記被研磨面からの反射光を受光している間、連続して点灯する連続点灯光源であることを特徴としている。このように、連続点灯光源を光源として用いることにより、受光素子が研磨対象物の被計測面上を走査する間の一定区間の反射光を平均化して取り込むことができるため、その区間の色合いの変化を大まかに捉えることができ、高周波の変動が少ない時間変化波形を得ることができる。

【0025】

本発明の第3の態様は、研磨対象物の被研磨面に形成された膜を研磨する方法であって、光源から上記被研磨面に光を照射し、上記被研磨面からの反射光を受光し、上記受光した光を分光してスペクトルデータを生成し、上記スペクトルデータに所定の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成し、上記スカラー値を用いて上記被研磨面に対する特性値を算出し、上記特性値を用いて上記被研磨面の研磨進捗状況を監視することを特徴とする研磨方法である。ここで、上記特性値の時間変化の特徴点を検知し、上記検知がなされてから所定の時間経過した時点で研磨を停止し、又は、研磨条件を変更することが好ましく、上記特性値の時間変化を用いて上記重み関数を調節することが好ましい。また、上記重み関数を波長軸に沿って移動させて調節するようにしてもよい。これにより、極値（ピーク）の位置を任意に調整することができ、研磨終点の判定精度を向上させることが可能となる。また、上記スペクトルデータに上記重み関数とは異なる所望の第2の重み関数を乗じて積分することにより第2のスカラー値を生成し、上記第2のスカラー値を用いて上記被研磨面に対する第2の特性値を算出し、上記特性値と上記第2の特性値とを用いて被研磨面の研磨進捗状況を監視するようにしてもよい。これにより、研磨の進捗状況の監視において、極大値・極小値の極値の数を増加することができ、モニタリングの精度（分解能）を向上させることができる。

【0026】

本発明の第4の態様は、研磨対象物の被研磨面に形成された膜を研磨するポリッシング装置であって、上記被研磨面に光を照射する光源と、上記被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部により受光された光を分光する分光器と、上記分光された光からスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記スペクトルデータに所望の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成し上記スカラー値を用いて上記被研磨面に対する特性値を算出する演算部と、上記重み関数を設定するための入力部と、上記特性値を監視するための表示部とを有することを特徴とするポリッシング装置である。ここで、上記研磨対象物を摺接させて研磨する研磨面と、上記研磨対象物を保持し、上記研磨面に対して上記研磨対象物の被研磨面を押圧するトップリングと、上記特性値の時間変化の特徴点を検知する検出部と、上記特徴点を検知してから所望時間経過後に研磨を停

止し、又は、研磨条件を切り替える制御部とを有することが好ましい。また、上記演算部は、上記スペクトルデータに上記重み関数とは異なる所望の第2の重み関数を乗じて積分することにより第2のスカラー値を生成し、上記第2のスカラー値を用いて上記被研磨面に対する第2の特性値を算出するようにしてもよい。これにより、研磨の進捗状況の監視において、極大値・極小値の極値の数を増加することができ、モニタリングの精度（分解能）を向上させることができる。

【0027】

本発明の第5の態様は、研磨対象物の被研磨面に光を照射する光源と、上記被研磨面からの反射光を受光する受光部と、上記受光部により受光された光を分光する分光器と、上記分光された光からスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、上記スペクトルデータに所望の重み関数を乗じて積分することによりスカラー値を生成し上記スカラー値を用いて上記被研磨面に対する特性値を算出する演算部と、上記重み関数を設定するための入力部と、上記特性値を監視するための表示部とを有することを特徴とする研磨状態監視装置である。

【発明の効果】

【0028】

本発明によれば、受光素子によるサンプリングのタイミングを適切に調整することができるので、発光部及び受光部（照射光及び反射光の経路）が研磨対象物の表面を横切る経路上において、測定点を所望の位置に合わせることができる。これにより、研磨テーブルの回転ごとに研磨対象物の表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリング周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブルの回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、受光素子に蓄積された電気的情報の読取や計算に時間がかかってサンプリング周期が長くなっても、研磨対象物の表面にある複数の半径位置の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。このように、サンプリング間隔が長くてもよいことから、受光素子としてフォトダイオードアレイなど汎用の受光素子を用いることができ、光学系を安価に構成することができる。

【0029】

また、被研磨面からの反射光を複数の波長に分光することにより、研磨速度の変化や初期膜厚の影響を受けずに、膜厚などの特性値を精度よく求めることができる。また、複数波長の光を用いることによってサンプリング間隔が長くなっても、研磨対象物の表面にある複数の特定点の特性値を繰り返し測定することができるので、研磨対象物の被研磨面の残膜プロファイルや研磨の進捗状況を把握しやすい。

【0030】

本発明によれば、スペクトルデータに基づく特性値（指標）を算出することにより、初期膜厚が小さい場合や膜の透光性が小さく干渉信号を発生しない場合などにおいても、算出された特性値に基づいて研磨状態の監視を行うことができる。例えば、サンプリング点に対応する領域の色合いを特性値として数値化して表わすことができ、ある膜の除去など、色合いが変化する場合を検知することができる。したがって、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。また、特性値を正規化することができるので、スペクトルデータの変動の影響をなくすことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、本発明に係るポリッシング装置の実施形態について図1乃至図16を参照して詳細に説明する。なお、図1乃至図16において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

【0032】

図1は、本発明に係るポリッシング装置の全体構成を示す模式図である。図1に示すよ

うに、本実施形態におけるポリッシング装置は、上面に研磨布 10 が貼設された研磨テーブル 12 と、研磨対象物である半導体ウェハ W を保持して研磨布 10 の上面に押圧するトップリング 14 とを備えている。研磨布 10 の上面は、研磨対象物である半導体ウェハ W と摺接する研磨面を構成している。なお、微細な砥粒 (CeO_2 等からなる) を樹脂等のバインダで固めた固定砥粒板の上面を研磨面として構成することもできる。

【0033】

研磨テーブル 12 は、その下方に配置されるモータ (図示せず) に連結されており、矢印で示すようにその軸心回りに回転可能になっている。また、研磨テーブル 12 の上方には研磨液供給ノズル 16 が設置されており、この研磨液供給ノズル 16 から研磨布 10 上に研磨液 Q が供給されるようになっている。

【0034】

トップリング 14 は、トップリングシャフト 18 に連結されており、このトップリングシャフト 18 を介してモータ及び昇降シリンダ (図示せず) に連結されている。これにより、トップリング 14 は矢印で示すように昇降可能かつトップリングシャフト 18 回りに回転可能となっている。このトップリング 14 の下面には、研磨対象物である半導体ウェハ W が真空等によって吸着、保持される。このような構成により、トップリング 14 は自転しながら、その下面に保持した半導体ウェハ W を研磨布 10 に対して任意の圧力で押圧することができるようになっている。

【0035】

上述の構成のポリッシング装置において、トップリング 14 の下面に保持された半導体ウェハ W は、回転している研磨テーブル 12 の上面の研磨布 10 に押圧される。このとき、研磨液供給ノズル 16 から研磨布 10 上に研磨液 Q を供給する。これによって、半導体ウェハ W の被研磨面 (下面) と研磨布 10 の間に研磨液 Q が存在した状態でポリッシングが行われる。

【0036】

ここで、本実施形態における研磨テーブル 12 の内部には、研磨中に、半導体ウェハ W の被研磨面に形成された絶縁膜や金属膜の膜厚や色合いなどの特性値を測定し、研磨状態を監視する研磨状態監視装置 20 が埋設されている。この研磨状態監視装置 20 は、研磨中のウェハ W の被研磨面の研磨状況 (残っている膜の厚みや状態など) をリアルタイムで連続的に監視するものである。また、研磨布 10 には、研磨状態監視装置 20 からの光を透過させるための透光部 22 が取付けられている。この透光部 22 は、透過率の高い材質で形成されており、例えば、無発泡ポリウレタンなどにより形成される。あるいは、研磨布 10 に貫通孔を設け、この貫通孔が半導体ウェハ W に塞がれる間下方から透明液を流すことにより、透光部 22 を構成してもよい。透光部 22 は、トップリング 14 に保持された半導体ウェハ W の被研磨面を通過する位置であれば、研磨テーブル 12 の任意の位置に配置することができるが、半導体ウェハ W の中心を通過する位置に配置することが好ましい。

【0037】

研磨状態監視装置 20 は、図 1 に示すように、光源 30 と、光源 30 からの光を半導体ウェハ W の被研磨面に照射する発光部としての発光光ファイバ 32 と、被研磨面からの反射光を受光する受光部としての受光光ファイバ 34 と、受光光ファイバ 34 により受光された光を分光する分光器とこの分光器により分光された光を電気的情報として蓄積する複数の受光素子とを内部に有する分光器ユニット 36 と、光源 30 の点灯及び消灯や分光器ユニット 36 内の受光素子の読取開始のタイミングなどの制御を行う制御部 40 と、制御部 40 に電力を供給する電源 42 とを備えている。なお、光源 30 及び分光器ユニット 36 には、制御部 40 を介して電力が供給される。

【0038】

発光光ファイバ 32 の発光端と受光光ファイバ 34 の受光端は、半導体ウェハ W の被研磨面に対して略垂直になるように構成されている。また、発光光ファイバ 32 及び受光光ファイバ 34 は、研磨布 10 を交換するときの作業性や受光光ファイバ 34 による受光量

を考慮して、研磨テーブル12表面の研磨面よりも上方に突出しないように配置されている。また、分光器ユニット36内の受光素子としては、例えば512素子のフォトダイオードアレイを用いることができる。

【0039】

分光器ユニット36は、ケーブル44を介して制御部40に接続されている。分光器ユニット36内の受光素子からの情報は、ケーブル44を介して制御部40に送られ、この情報に基づいて反射光のスペクトルデータが生成される。すなわち、本実施形態における制御部40は、受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部を構成している。制御部40からのケーブル46は、研磨テーブル12内を通り、例えばパーソナルコンピュータからなる演算部48に接続されている。制御部40のスペクトルデータ生成部で生成されたスペクトルデータは、ケーブル46を介して演算部48に送信される。

【0040】

演算部48では、制御部40から受信したスペクトルデータに基づいて、膜厚や色合いなどのウェハWの被研磨面の特性値を算出する。また、演算部48は、ポリッシング装置を制御するコントローラ（図示せず）から研磨条件に関する情報を受信する機能や、算出された特性値の時間変化に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）のタイミングを決定してポリッシング装置のコントローラに指令を行う機能も有している。

【0041】

また、図1に示すように、研磨テーブル12の外周部の下面には近接センサ50が取付けられており、この近接センサ50に対応して研磨テーブル12の外方にドグ52が設置されている。近接センサ50は、研磨テーブル12が1回転するたびにドグ52を検知し、研磨テーブル12の回転角度を検知できるようになっている。

【0042】

光源30としては、白色光をはじめとする波長帯域を有する光を照射する光源を用いる。例えばキセノンランプなどのパルス点灯光源を光源30として用いることができる。光源30としてパルス点灯光源を用いた場合、研磨中に各計測点で光源30がトリガ信号によりパルス点灯される。また、タングステンランプなどを光源30として用い、少なくとも発光ファイバ32の発光端と受光ファイバ34の受光端とがウェハWの被研磨面に対向している間、連続して点灯させてもよい。

【0043】

光源30からの光は、発光ファイバ32の発光端から透光部22を通過してウェハWの被研磨面に照射される。この光は、半導体ウェハWの被研磨面で反射し、透光部22を通過して研磨状態監視装置の受光ファイバ34で受光される。受光ファイバ34で受光された光は、分光器ユニット36内の分光器に送られ、ここで複数の波長成分に分光される。複数の波長成分に分光された光は、それぞれの波長に対応する受光素子に照射され、照射された光の光量に応じて受光素子に電荷が蓄積される。各受光素子に蓄積された電気的情報は、所定のタイミングで読み取られ（解放され）、デジタル信号に変換される。このデジタル信号は、制御部40のスペクトルデータ生成部に送られ、ここで各計測点に対応するスペクトルデータが生成される。

【0044】

次に、分光器ユニット36内の受光素子の動作について説明する。図2及び図3は、分光器ユニット36内にN個の受光素子60-1～60-Nがある場合の各受光素子の動作を示す模式図である。図2はパルス点灯光源を用いた場合、図3は連続点灯光源を用いた場合を示している。図2及び図3において、横軸は時間を示しており、各受光素子に対応するグラフの立ち上がり部分は受光素子に電気的情報が蓄積されたことを示し、落ち込み部分は受光素子の電気的情報が読み取られた（解放された）ことを示している。図2において、黒丸（●）はパルス点灯光源が点灯される時点を示している。

【0045】

1回のサンプリングにおいて、各受光素子60-1～60-Nは順次切り替えて読取（

解放)が行われる。上述したように、各受光素子60-1~60-Nには、対応する波長成分の光の光量が電気的情報として蓄積され、位相差を持ってサンプリング周期Tで読取(解放)が繰り返される。このサンプリング周期Tは、受光素子60-1~60-Nに十分な光量が電気的情報として蓄積され、かつ、受光素子60-1~60-Nから読み取られたデータを実時間で十分処理できる範囲内で、小さ目に設定する。受光素子として512素子のフォトダイオードアレイを用いる場合には、サンプリング周期Tは10ミリ秒のオーダーとなる。図2及び図3においては、1番目の受光素子60-1の読取から最終の受光素子60-Nの読取までの時間がSとなっている。ここで、 $S < T$ である。図2の場合には、パルス点灯光源が点灯した時点(図2において●印で示す)をサンプリング時刻とし、図3の場合には、1番目の受光素子60-1の読取が行われ、新たな蓄積が開始されてから、最終の受光素子60-Nの読取が行われるまでの時間の半分の時点(図3において×印で示す)を、対応する計測領域を代表するサンプリング時刻とする。また、このサンプリング時刻において透光部22に対向するウェハW上の点をサンプリング点という。

【0046】

図2においては、光源30が瞬間的に点灯する間(数マイクロ秒程度)、すべての受光素子60-1~60-Nが光を蓄積する。最終の受光素子60-Nが読取(解放)を行ってから光源30を点灯するまでの時間をQとすると、次に1番目の受光素子60-1が読取(解放)を行う前に光源30を点灯するものとすれば、 $0 < Q < T - S$ となる。Qはこの不等式に示される範囲にある任意の値をとることができるが、以下では、 $Q = (T - S) / 2$ であるとして説明する。1番目の受光素子60-1の読取が行われ次の蓄積が開始されるのは、サンプリング時刻より、 $S + Q$ 、すなわち $(T + S) / 2$ だけ早いタイミングである。また、図3においても、1番目の受光素子60-1の読み取りが行われるのは、サンプリング時刻より、 $(T + S) / 2$ だけ早いタイミングである。なお、図3に示す連続点灯光源の場合には、受光素子60-1~60-Nの蓄積開始・読取の時点が素子により異なっているため、波長成分によって実際の計測領域が若干異なっている。

【0047】

次に、研磨状態監視装置20によるサンプリングのタイミングを決定する方法について説明する。まず、パルス点灯光源を用いた場合のサンプリングのタイミングを決定する方法について説明する。図4は、研磨状態監視装置20によるサンプリングのタイミングを説明するための図である。研磨テーブル12が1回転するたびに、研磨テーブル12の外周部に設けられた近接センサ50が近接センサ作動の基準位置となるドグ52を検知する。すなわち、図4に示すように、研磨テーブル12の回転中心 C_T とウェハWの中心 C_W とを結ぶ線 L_{T-W} (以下、ウェハ中央線という)から研磨テーブル12の反回転方向に回転角度を定義した場合に、回転角度 θ で近接センサ50がドグ52を検知する。なお、ウェハWの中心 C_W は、例えばトップリング14の位置制御を行うことによって特定される。

【0048】

ここで、図4に示すように、研磨テーブル12の中心 C_T と透光部22の中心 C_L との間の水平距離をL、研磨テーブル12の中心 C_T とウェハWの中心 C_W との間の水平距離をM、ウェハWの被研磨面からエッジカット部を除いたウェハWの被計測面の半径をR、透光部22がこの被計測面を走査する角度を 2α とすると、余弦定理から以下の式(1)が成立し、角度 α を求めることができる。

【0049】

【数1】

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{L^2 + M^2 - R^2}{2LM} \right) \quad \dots(1)$$

【0050】

本実施形態では、透光部 22 が通過するウェハ中央線 L_{T-W} 上の点 P を必ずサンプリング点とするように、サンプリングのタイミングを調整している。ウェハ中央線 L_{T-W} から片側にあるサンプリング点の数を n (整数) とすると、透光部 22 がウェハ W の被計測面を走査する間の全サンプリング点の数は、ウェハ中央線 L_{T-W} 上のサンプリング点 P を含めて $2n+1$ となる。

【0051】

ウェハ W の外側にはトップリング 14 の外周部が背景光を遮るように配置されているとすれば、最初のサンプリング時刻において透光部 22 がウェハ W の被計測面内に存在するための条件は、 ω_T を研磨テーブル 12 の角速度として、以下の不等式 (2) で表わすことができる。したがって、この不等式 (2) から、この条件を満たす整数 n を求めることができる。

【0052】

【数 2】

$$\alpha - \omega_T T \leq n \omega_T T < \alpha$$

すなわち

$$\frac{\alpha}{\omega_T T} - 1 \leq n < \frac{\alpha}{\omega_T T} \quad \dots (2)$$

【0053】

ここで、透光部 22 と近接センサ 50 とが研磨テーブル 12 の中心 C_T に対して同一角度に位置しているものとすれば、研磨テーブル 12 が 1 回転するときに、近接センサ 50 がドグ 52 を検知してから 1 回目のサンプリングにおける 1 番目の受光素子 60-1 の蓄積が開始されるまでの時間 t_s 、すなわちサンプリング開始時刻 t_s は、以下の式 (3) により求めることができる。

【0054】

【数 3】

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left(nT + \frac{T+S}{2} \right) \\ &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left(n + \frac{1}{2} \right) T - \frac{S}{2} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

【0055】

ここで、透光部 22 がウェハ W の被研磨面の外側にある間に受光素子に蓄積された光量を確実にクリアするために、1 回目のサンプリングを読み捨てることとしてもよい。この場合のサンプリング開始時刻 t_s は、以下の式 (4) により求めることができる。

【0056】

【数 4】

$$\begin{aligned}
 t_s &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left(nT + \frac{T+S}{2} + T \right) \\
 &= \frac{\theta}{\omega_T} - \left(n + \frac{3}{2} \right) T - \frac{S}{2} \quad \dots(4)
 \end{aligned}$$

【0057】

研磨状態監視装置 20 は、このようにして求められたサンプリング開始時刻 t_s に基づいてサンプリングを開始する。すなわち、制御部 40 は、近接センサ 50 がドグ 52 を検知してから t_s 経過後に光源 30 のパルス点灯を開始し、その後サンプリング周期 T ごとにサンプリングを繰り返すように、分光器ユニット 36 内の受光素子の動作タイミングを制御する。これにより、各サンプリング点における反射スペクトルデータが制御部 40 のスペクトルデータ生成部により生成され、これが演算部 48 に送られる。演算部 48 では、このスペクトルデータに基づいてウェハ W の被研磨面の特性値、例えば膜厚が求められる。

【0058】

本実施形態では、透光部 22 が通過するウェハ中央線 L_{T-W} 上の点 P を必ずサンプリング点とするようにしているので、研磨テーブル 12 が 1 回転するたびに研磨対象物表面上の所定の半径位置の特性値を繰り返し測定することができる。また、サンプリング周期を一定とすれば、研磨対象物の表面上において、研磨テーブル 12 の回転ごとの各測定点の半径位置は一定となる。したがって、不特定の位置の特性値を測定する場合に比べて、ウェハ W 上の残膜の状況を把握する上でより効果的である。特に、透光部 22 がウェハ W の中心 C_w を通るように構成されている場合には、研磨テーブル 12 が 1 回転するたびにウェハ W の中心 C_w を定点として必ず測定することになり、ウェハ W 上の残膜状況の時間変化をより正確に把握することができる。

【0059】

一方、連続点灯光源の場合は、上述したように、受光素子の蓄積が連続して行われ、かつ受光素子によって開始時点が異なるため、 n の求め方がパルス点灯光源の場合と異なっている。すなわち、1 番目の受光素子 60-1 の蓄積開始の時点で、透光部 22 がウェハ W の被計測面内に存在する必要がある。したがって、 n に関する不等式は以下のようになる。

【0060】

【数 5】

$$\alpha - \omega_T T \leq n\omega_T T + \omega_T \frac{T+S}{2} < \alpha$$

すなわち

$$\frac{\left(\frac{\alpha}{\omega_T} - \frac{S}{2} \right)}{T} - \frac{3}{2} \leq n < \frac{\left(\frac{\alpha}{\omega_T} - \frac{S}{2} \right)}{T} - \frac{1}{2} \quad \dots(5)$$

【0061】

この不等式(5)から、 n (整数) を求め、上記式(3)又は式(4)に基づいてサンプリング開始時刻 t_s を求めることができる。そして、研磨状態監視装置20は、パルス点灯光源の場合と同様に、求められたサンプリング開始時刻 t_s に基づいてサンプリングを開始し、各サンプリング点におけるスペクトルデータからウェハWの被研磨面の特性値、例えば膜厚を求める。なお、上述の例では、パルス点灯光源の点灯のタイミングや透光部22と近接センサ50との位置関係に一定の条件を設定して説明したが、これらの条件を外しても同様に n と t_s を求めることができる。

【0062】

次に、各サンプリング点におけるスペクトルデータから特性値としての膜厚を算出する方法について説明する。本実施形態においては、得られたスペクトルの波数(単位長さ当りの波の数)を横軸に、光の強度を縦軸にとってスペクトルデータを表わすとき、1つの膜厚に対するスペクトルの周期(ピーク間の波数)が膜厚に比例することを利用して膜厚を算出する。

【0063】

例えば、得られたスペクトルデータが図5に示すような波形であった場合を想定する。図5に示すスペクトル波形からは、以下のようなことが把握できる。

- (1) 一定周期の干渉波パターンが存在する。
- (2) オフセットが存在する。
- (3) 右上がりにほぼ線形のドリフトが存在する。
- (4) 干渉効率のため、波数が大きいほど干渉波の振幅が小さくなる。

【0064】

これらの点を考慮すると、干渉波の周期 ω が既知であれば、スペクトル波形は、以下の関数 $f(x)$ で近似できると予測される。

【0065】

【数6】

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left(\frac{1}{x} \right) \sin(\omega x + \delta) \quad \dots (6)$$

【0066】

この式(6)において、右辺の第1項はスペクトル波形のオフセットを反映し、第2項はスペクトル波形のドリフトを反映し、第3項は波形状の周期性波形を反映している。更に詳しく言えば、第3項の中の $(1/x)$ の部分は波数増加に伴う振幅の減少を反映し、 δ は特に膜厚が大きい場合に顕著になる位相ずれを反映している。

【0067】

ここで、加法定理より、以下の式(7)が成立する。

【0068】

【数7】

$$\sin(\omega x + \delta) = \sin \omega x \cdot \cos \delta + \cos \omega x \cdot \sin \delta \quad \dots (7)$$

【0069】

したがって、上記式(6)は以下のように変形することができる。

【0070】

【数 8】

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left(\frac{1}{x} \right) \sin \omega x + \alpha_3 \left(\frac{1}{x} \right) \cos \omega x \quad \dots (8)$$

【0071】

ここで、 $f_0(x) = 1$, $f_1(x) = x$, $f_2(x) = (1/x) \sin \omega x$, $f_3(x) = (1/x) \cos \omega x$ と定義すれば、測定スペクトルは、これら 4 つの関数の線形和として、以下の式 (9) に示す関数 $f(x)$ で近似することができる。

【0072】

【数 9】

$$f(x) = \alpha_0 f_0(x) + \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 f_3(x) \quad \dots (9)$$

【0073】

このような近似関数 $f(x)$ が、測定スペクトルに対して最適に近似された状態では、両者の二乗誤差が最小となる。そこで、ある膜厚を想定した近似関数 $f(x)$ を定義し、この近似関数 $f(x)$ と測定スペクトルとの二乗誤差が最小になるように関数 $f(x)$ の係数 α_0 , α_1 , α_2 , α_3 を求め、このときの最小二乗誤差を求める。この計算を膜厚を変化させて行い、横軸に膜厚値、縦軸に最小二乗誤差をとってグラフを描くと、図 6 に示すようなグラフとなる。図 6 に示すように、グラフ中には、最小二乗誤差の極小点（ピークトップ）が現れ、このときの近似関数 $f(x)$ が測定スペクトルに最も近い形状であるといえる。したがって、このときの近似関数 $f(x)$ に対応する膜厚（図 6 における膜厚 d ）を、求めるべき膜厚として算出する。

【0074】

ここで、測定時に、研磨テーブル 12 と透光部 22 はウェハ W の被研磨面上を移動するが、研磨テーブル 12 又はトップリング 14 の回転速度やサンプリング周期 T が大きいと、1 つのサンプリング点当たりの走査範囲が大きくなる。したがって、パターンや研磨レートがウェハ W の被研磨面上の位置によって異なる場合に、光源 30 を連続点灯すると、1 つのサンプリング点について様々な膜厚を一度に測定することになる。これにより、明確な干渉スペクトルが得られず、その結果、図 6 に示すような明確なピークトップが現れなくなってしまうことが考えられる。この観点からは、光源 30 として、数マイクロ秒の間点灯するパルス点灯光源を用いることが好ましい。この場合には、図 7 に示すように、ウェハ W の被研磨面上の不連続の小さなスポット Ps_1 を計測点として計測することができ、各計測点の膜厚を精度よく測定することができる。

【0075】

上述の例では、特性値として膜厚を算出する例を説明したが、算出する特性値は膜厚に限られるものではない。例えば、銅膜を除去すると赤い光沢を持った色が消えるなど、研磨対象物の材質によっては、上層膜が除去されると色合いが大きく変わることがある。したがって、被研磨面の色合いの変化を被研磨面の状態を把握するための指標として用いることができる。以下、上述した特性に着目して、各サンプリング点におけるスペクトルデータから特性値としての色合いを算出する方法について説明する。

【0076】

まず、図 8 に示すように、研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）の前後のスペクトルデータ $g_1(\lambda)$, $g_2(\lambda)$ を比較し、変化の大きい波長領域に対して大きな値を有する重み関数 $w(\lambda)$ を予め定義しておく。そして、各波長 λ の反射光のスペクトルデータの測定値 $\rho(\lambda)$ に重み関数 $w(\lambda)$ を乗じて積算したもの、すなわち、積分してスカラ値としたものを特性値 X とする。すなわち、特性値 X を以下の式 (10) により定義

する。

【0077】

【数10】

$$X = \sum_{\lambda} w(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda \quad \dots (10)$$

【0078】

この場合において、複数の重み関数 $w_i(\lambda)$ ($i=1, 2, \dots$) を定義して、例えば、以下の式 (11) により特性値 X_i を定義してもよい。

【0079】

【数11】

$$X_i = \frac{\sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_i \sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda} \quad \dots (11)$$

【0080】

このような方法によれば、研磨につれて上層膜が薄くなってスペクトル波形の形状が変わるような場合にも、時々刻々の色合いの変化を測定して、この色合いの特性値に基づいて研磨終点（研磨停止又は研磨条件の変更）を決定することができる。

【0081】

なお、上記式 (10) において、重み関数 $w(\lambda)$ を、 $w(\lambda_0) = 1$ 、 $w(\lambda) = 0$ ($\lambda \neq \lambda_0$)、 $\Delta \lambda = 1$ と定義した場合、波長 λ_0 のスペクトル値を表す特性値 X を得ることができる。また、重み関数 $w(\lambda)$ を、 $w(\lambda_1) = 1$ 、 $w(\lambda_2) = -1$ 、 $w(\lambda) = 0$ ($\lambda \neq \lambda_1, \lambda_2$)、 $\Delta \lambda = 1 / (\lambda_1 - \lambda_2)$ と定義すれば、スペクトルグラフ上で波長 λ_1 、 λ_2 の点を結ぶ直線の傾きを表す特性値 X を得ることができる。ここで、スペクトルの測定値 $\rho(\lambda)$ は、予め各波長の近傍で平均化して、ノイズの影響を軽減しておいてもよい。

【0082】

なお、測定スペクトルデータ $\rho(\lambda)$ は、各波長の反射光量のスペクトルであってもよいし、基準反射板のスペクトルや、あるいは、測定開始直後のスペクトルで正規化した相対反射率であってもよい。

【0083】

また、上記重み関数 $w(\lambda)$ を JIS-Z-8701 に適合するように定義してもよい。すなわち、スペクトルデータ（分光比反射率）を色度座標値 (x, y) に変換したものを特性値として用いることもできる。以下、スペクトルデータを色度座標値 (x, y) に変換して特性値として用いる方法について説明する。反射物体の色の3刺激値 X, Y, Z は、以下の式 (12) ~ (14) で計算される。

【0084】

【数12】

$$X = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(12)$$

$$Y = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(13)$$

$$Z = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda \quad \dots(14)$$

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: 2 度視野 X Y Z 系に基づく等色関数

【0085】

ここで、 λ は波長、 $P(\lambda)$ は想定する光源の分光分布、 k は刺激値 Y の値を測光量に等しくするために定められた係数、 $\rho(\lambda)$ は計測スペクトル分布である。この計測スペクトル分布 $\rho(\lambda)$ は、例えば以下の式 (15) のように定義することができる。

【0086】

【数13】

$$\rho(\lambda) = \frac{\rho_M(\lambda)}{\rho_B(\lambda)} \quad \dots(15)$$

【0087】

ここで、 $\rho_M(\lambda)$ は測定スペクトル分布、 $\rho_B(\lambda)$ はベアシリコンにおける反射スペクトル分布である。

【0088】

これらの刺激値 X, Y, Z からそれぞれの X, Y, Z 成分の割合 x, y, z を以下の式 (16) ~ (18) を用いて求める。

【0089】

【数14】

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad \dots(16)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad \dots(17)$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad \dots(18)$$

【0090】

このようにして求められた x , y , z は色度座標と呼ばれている。 x , y , z のうち独立なものは2つだけであるので、通常は x と y の組み合わせを用いて色度座標値 (x , y) とする。

【0091】

このように、スペクトルデータを色度座標値 (x , y) に変換して、この色度座標値 (x , y) のいずれか一方又は双方に基づいて研磨終点 (研磨停止又は研磨条件の変更) を決定することができる。この色度座標値は、式 (11) の特別な場合とみなすことができる。この色度座標値は、式 (11) の場合と同様、式 (16) ~ (18) に示されるように、正規化されたものであるので、分光比反射率の変動の影響を正規化の効果によりなくすことができる。このように、色度座標値を特性値として用いることで、測定系の不安定さに起因する分光比反射率の変動の影響をなくすことができる。

【0092】

また、式 (12) ~ (14) 中の等色関数や光源 30 の分光分布をパラメータとして設定することで、研磨による分光比反射率の変化に対して、より反射率の変化の多い波長領域の重み付けをウェハごとに最適化することができる。これにより、より精度よく被研磨面の状態を測定することができる。

【0093】

次に、スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータの波長成分に所定の重み係数を乗じる乗算を含む演算により前記研磨対象物の被研磨面における所定の特性値を算出し、研磨の進捗状況をモニタリングする具体例について説明する。

【0094】

式 (10)、式 (11) 等により特性値を求める場合、重み関数 $w(\lambda)$ をどう定義するかは重要であり、目的に応じて、 $w(\lambda)$ を調節できるように構成されていることが好ましい。

【0095】

例えば、被研磨膜が下地とは色が大きく異なる金属膜であって、その除去の時点を抑えようとするならば、前述のように、除去される膜の色に対応する波長帯域に大きな重みをもつ重み関数を定義する。例えば、被研磨膜が銅膜の場合、銅膜は赤い光沢を持ち波長 $\lambda = 800 \text{ nm}$ 付近の反射強度が大きいから、重み関数 $w(\lambda)$ を $\lambda = 800 \text{ nm}$ 付近に大きな重みを持つように定義して、式 (10) により特性値

【数15】

$$X = \sum_{\lambda} w(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda$$

を求めると、 X は銅膜の有無に応じて大きく値が変わる。また、第1のスペクトルデータ $\rho(\lambda)$ のある波長に外乱が入ったとしても、積分演算を行っているため、 $\lambda = 800 \text{ nm}$ に対する反射強度を直接監視する場合に比べて、その影響を軽減できる。

【0096】

また、式 (11) を用いて、例えば、 $i = 1, 2$ とし、 $w_1(\lambda)$ を $\lambda = 800 \text{ nm}$ 付近に大きな重みを持つように定義し、 $w_2(\lambda)$ を銅膜の有無に係わらず略一定の反射強度を持つ波長帯域に大きな重みを持つように定義する。このとき、特性値

【数16】

$$X_1 = 1 / \{ 1 + \sum_{\lambda} w_2(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda / \sum_{\lambda} w_1(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda \}$$

は、銅膜の有無に応じて値が大きく変わる。更に、外乱によって全波長域の反射光量が上下するような場合においても、安定した時間変化の波形を得ることが出来る。

【0097】

研磨終点（研磨停止点又は回転速度・トップリングに設けられた複数の押圧領域に印加するそれぞれの押圧力・スラリの種類の変更等の研磨条件の変更点）の検出においては、上記の様に現れた特性値時間変化の特徴点（所定の閾値、増加又は減少の開始又は終了、極値等）を検知し、所定時間オーバポリッシュした後、研磨動作を切り替える。ここで、オーバポリッシュ時間は零であってもよい。

【0098】

次に、被研磨膜が酸化膜等の透光性の膜である場合について、重み関数の調節法の実例を説明する。

【0099】

被研磨膜が酸化膜のような透光性の薄膜である場合、厚みが均一で、外乱のない理想的な状態を考えると、被研磨膜による干渉のため、各波長の相対反射率の時間変化は概ね図9に示すようになる。被研磨膜の屈折率を n 、膜厚を d 、光の波長（真空中）を λ とすると、時間変化1周期分に相当する膜厚差は $\Delta d = \lambda / 2n$ である。したがって、膜厚が研磨時間に伴い直線的に減少すると、相対反射率は図9に示すように極大値・極小値が周期的に現れた時間変化をする。ここで、実線は波長 $\lambda = 500\text{ nm}$ の場合を示し、破線は $\lambda = 700\text{ nm}$ の場合を示す。

【0100】

これより、光の波長が短い程、相対反射率の時間変化の周期は短くなり、極値が頻繁に発生するようになる。したがって、スペクトルデータの波長成分に重み係数を乗じる乗算を含む演算により求められる特性値の時間変化に関しても、同様に、重み関数の着目波長が短い程、時間周期が短く極値が多くなることが期待される。

【0101】

図10は、配線パターン上の酸化膜を研磨したとき、(11)式(0079欄参照)により特性値 X_3 をモニタリングした例である。ここで、図11に示すそれぞれ3個の関数 $w_1(\lambda)$ 、 $w_2(\lambda)$ 、 $w_3(\lambda)$ からなる重み関数のセット L 、 S を用いて、特性値を算出している。特性値は、70秒付近まで増減を繰り返した後、挙動が変化する。特性値の増減は基本的に被研磨膜膜厚の減少に伴う光の干渉によるものと考えられるため、70秒付近で配線パターン（の一部）が露出してこのような増減が現れなくなったものと推定される。

【0102】

モニタリングにおいては、特性値時間変化の極大値・極小値を検出して、研磨進捗状況を表わす。予め、極値検出時点で研磨を停止してリファレンスとして膜厚測定を行っておけば、進捗状況を被研磨膜の膜厚と関連付けることが出来る。したがって、特性値時間変化の周期が短いほど、分解能が高く、きめの細かいモニタリングが出来ることになる。

【0103】

図10に示す例では、 L が10個の極値を有するのに対し、 S は15個の極値を有する。すなわち、 L においては、研磨過程を11個の区間に分けて認識できるのに対し、 S では16個の区間に分けて認識可能である。

【0104】

終点（研磨停止点又は研磨条件変更点）の検出においては、所望の膜厚の直前の極値（特徴点の一つ）を検出して、極値に対する膜厚と所望の膜厚との差分に相当する時間だけ、オーバポリッシュする。したがって、特性値時間変化の周期が短いほど、オーバポリッシュ時間を短く出来、終点検出精度を向上させることが出来る。以上より、重み関数を短波長側に設定することにより、研磨進捗状況モニタリングや、終点検出の精度を向上させることが可能になる。

【0105】

一般に、光源が有効エネルギーを有する波長帯域は限られており、また、波長が短くなるほど、スラリや研磨パッド透光部等による光の散乱も大きくなって、 S/N 比が悪化する。重み関数をどの位の波長帯域に設定するかは、特性値の時間変化周期と S/N 比とを勘案して決定される。

【0106】

次に、複数の異なる重み関数のセットから導出された2個以上の特性値を同時にトレースする場合について説明する。

【0107】

図10から分かるように、図11の重み関数のセットL、Sそれぞれから求められた特性値を同時に用いることにより、研磨過程を26個の区間に分けて認識することが可能となりモニタリングの精度(分解能)をさらに向上させることができる。実際には、L、S両方に対する特性値の極値がほぼ同一時点で発生することもあるから、この場合、研磨過程は26個未満の区間に分けられる。

【0108】

次に、重み関数を波長域で移動させて調節する例を示す。被研磨膜が酸化膜のような透光性の薄膜である場合、厚みが均一で、外乱のない理想的な状態を考えると、被研磨膜による干渉のため、スペクトル波形は概ね図12に示すようになる(図5の横軸を波数から波長に変えたものに相当)。被研磨膜の屈折率を n 、膜厚を d 、隣り合う極大点(又は極小点)に対する波長を λ_1 、 λ_2 とすると、反射時の光波位相変化の影響が小さいものとすれば

$$2nd/\lambda_1 \div 2nd/\lambda_2 + 1 \quad \text{すなわち} \quad 1/\lambda_1 \div 1/\lambda_2 + 1/2nd$$
となる。

【0109】

研磨につれて膜厚が減少するとき、図の膜厚1000nm→990nm→980nmに示すように、スペクトルグラフ上で各極大点・極小点は長波長から短波長側に移動する。これより、重み関数を長波長側に移動すると、特性値の極値が早めに現れるものと期待される。

図13は、図10と同一のパターン酸化膜を研磨したとき、図11の重み関数のセットL、及び、Lの各重み関数を波長軸上でそれぞれ10nm、20nm、30nm、長波長側に移動したL1、L2、L3を用いて、(11)式(0079欄参照)により特性値 X_3 をモニタリングした例である。各特性値の時間変化の位相は、重み関数を長波長側へ移動するほど、前倒しされていることが分かる。

【0110】

したがって、事前に研磨したサンプルウェハに対する特性値の時間変化の波形を基にして、重み関数を波長軸上で移動させて調整することにより、特性値の時間変化の極値(ピーク又はボトム)を所望のタイミングに調整することが出来る。これにより、前述したオーバーポリッシュ時間を最小にして、終点検出の精度を向上させることが出来る。

【0111】

すなわち、オーバーポリッシュ時間の設定は、特性値のピークをもとに設定される。ところで、オーバーポリッシュ時間の研磨は、実際に膜厚を観測しているのではなく、均一な膜厚レートで研磨を行っているという仮定で行っていることから、正確な研磨終点を得る上でオーバーポリッシュ時間は短いほうがよい。このため、特性値のピークと研磨終了点ができるだけ近いほうが好ましく、上記のような方法で重み関数の重みを長波長側(もちろん短波長側でもよい)に移動させることで所望のタイミングにピークを持っていくことができる。前述した重み関数の決定に際しては、対象となるウェハを研磨してスペクトルデータを取得し、重み関数を調節しながらシミュレーションを行って特性値を計算し、特性値の時間変化が所望の傾向を示す重み関数を採用するのが望ましい。

【0112】

次に、光源30として連続点灯光源を用いる場合について検討する。上述した方法により求めた特性値(色合い)の時間変化を考えると、光源30としてパルス点灯光源を用いると、ウェハW上の計測点に対応するパターンの違いによって色合いが変化し、特性値の時間変化が高周波で変動することがある。このような場合には、特性値の時間変化の大まかな傾向を把握するのが難しい。また、高周波の変動を抑えるために移動平均等の平滑化を行ったのでは位相遅れが生じ、研磨終点の検出も遅れてしまう。

【0113】

そこで、このような高周波の変動を抑止するために、光源30として連続点灯光源を用いることが好ましい。図14は、光源30として連続点灯光源を用いた場合のサンプリング点 P_{s2} と対応する測定領域Xの関係を示すものである。図14に示すように、各サンプリング点 P_{s2} の前後の反射光は、各受光素子に順次蓄積されて物理的に平均化される。したがって、パターンの影響によるバラツキが軽減され、上述した高周波の変動を低減することができる。

【0114】

ここで、ウェハWの被研磨面の残膜状況を測定する場合には、ウェハ中心やウェハ端部など、特定の点の残膜状況の推移を見ることが重要である。しかしながら、サンプリング周期を固定して測定したのでは、研磨テーブル12の回転速度に応じて、透光部22がウェハWの被研磨面を走査する線上におけるサンプリング点の位置が固定されてしまう。例えば、ウェハ端部は測定することができない。そこで、本実施形態では、サンプリング周期、すなわち受光素子の蓄積時間を研磨テーブル12の回転速度などに基づいて調整できるようにしている。

【0115】

図15は、研磨テーブル12の回転速度などに基づいてサンプリング周期を調整する工程を示すフロー図である。まず、条件として、図16に示すように、サンプリング点としたい所望の点 P_v の半径 R_v 、研磨テーブル12の回転中心 C_T とウェハWの回転中心 C_w との間の水平距離M、研磨テーブル12の回転中心 C_T と透光部22の中心 C_L との間の水平距離L、研磨テーブルの回転角速度 ω_T 、最小サンプリング周期Tを入力する（ステップ1）。これらの条件は、演算部48としてのパーソナルコンピュータのキーボードからオペレータが入力されるものであってもよいし、予め記憶装置に貯えられたものであってもよく、あるいはポリッシング装置のコントローラから送信されるものであってもよい。

【0116】

次に、点 P_v が、研磨テーブル12の中心 C_T を基準にしてウェハ中央線 C_T-w に対してなす角度 α_v を上述した式(1)に準じて求める（ステップ2）。そして、点 P_v からウェハ中央線 C_T-w に達する前までのサンプリング点の数 n_v を不等式(2)に準じて求める（ステップ3）。ここで、光源30が連続点灯光源であっても、点 P_v がウェハWの被計測面の十分内側にある場合には、パルス点灯光源に関する不等式(2)に従う。次に、これら算出された角度 α_v とサンプリング点の数 n_v とに基づいて、以下の式(19)によりサンプリング周期 T_v を算出する（ステップ4）。

【0117】

【数17】

$$T_v = \frac{\alpha_v}{n_v \omega_T} \dots (19)$$

【0118】

このようにして求められたサンプリング周期 T_v によれば、所望の半径 R_v にある点 P_v の測定を行うことができる。したがって、条件として入力する所望の半径 R_v を調整することにより、図16に示すように、ウェハ中央線 C_T-w 上の点に加えて、ウェハ端部などの所望の半径位置をサンプリング点とすることができる。

【0119】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまで

もない。

【図面の簡単な説明】

【0120】

【図1】本発明の一実施形態におけるポリッシング装置の全体構成を示す模式図である。

【図2】図1に示す研磨状態監視装置においてパルス点灯光源を用いた場合の分光器ユニット内の受光素子の動作を示す模式図である。

【図3】図1に示す研磨状態監視装置において連続点灯光源を用いた場合の分光器ユニット内の受光素子の動作を示す模式図である。

【図4】図1に示す研磨状態監視装置のサンプリングのタイミングを説明するための平面図である。

【図5】本発明に係る研磨状態監視装置により得られたスペクトルデータの一例を示すグラフである。

【図6】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、膜厚とスペクトル近似の最小二乗誤差との関係を示すグラフである。

【図7】本発明に係る研磨状態監視装置においてパルス点灯光源を用いた場合の計測点を示す平面図である。

【図8】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる重み関数を説明するためのグラフである。

【図9】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、酸化膜研磨中における相対反射率の時間変化を説明するためのグラフである。

【図10】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、重み関数波長域の違いによる特性値周期の変化を説明するためのグラフである。

【図11】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、短波長側と長波長側の重み関数のセットを説明するためのグラフである。

【図12】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、酸化膜研磨中における相対反射率の時間変化を説明するためのグラフであり、膜厚の変化によるスペクトル波形の変化を示す。

【図13】本発明に係る研磨状態監視装置において用いられる、重み関数の波長域移動に対する特性値の位相変化を説明するためのグラフである。

【図14】本発明に係る研磨状態監視装置において連続点灯光源を用いた場合のサンプリング点を示す平面図である。

【図15】本発明に係る研磨状態監視装置においてサンプリング周期を調整する工程を示すフロー図である。

【図16】本発明に係る研磨状態監視装置におけるサンプリング周期の調整を説明するための平面図である。

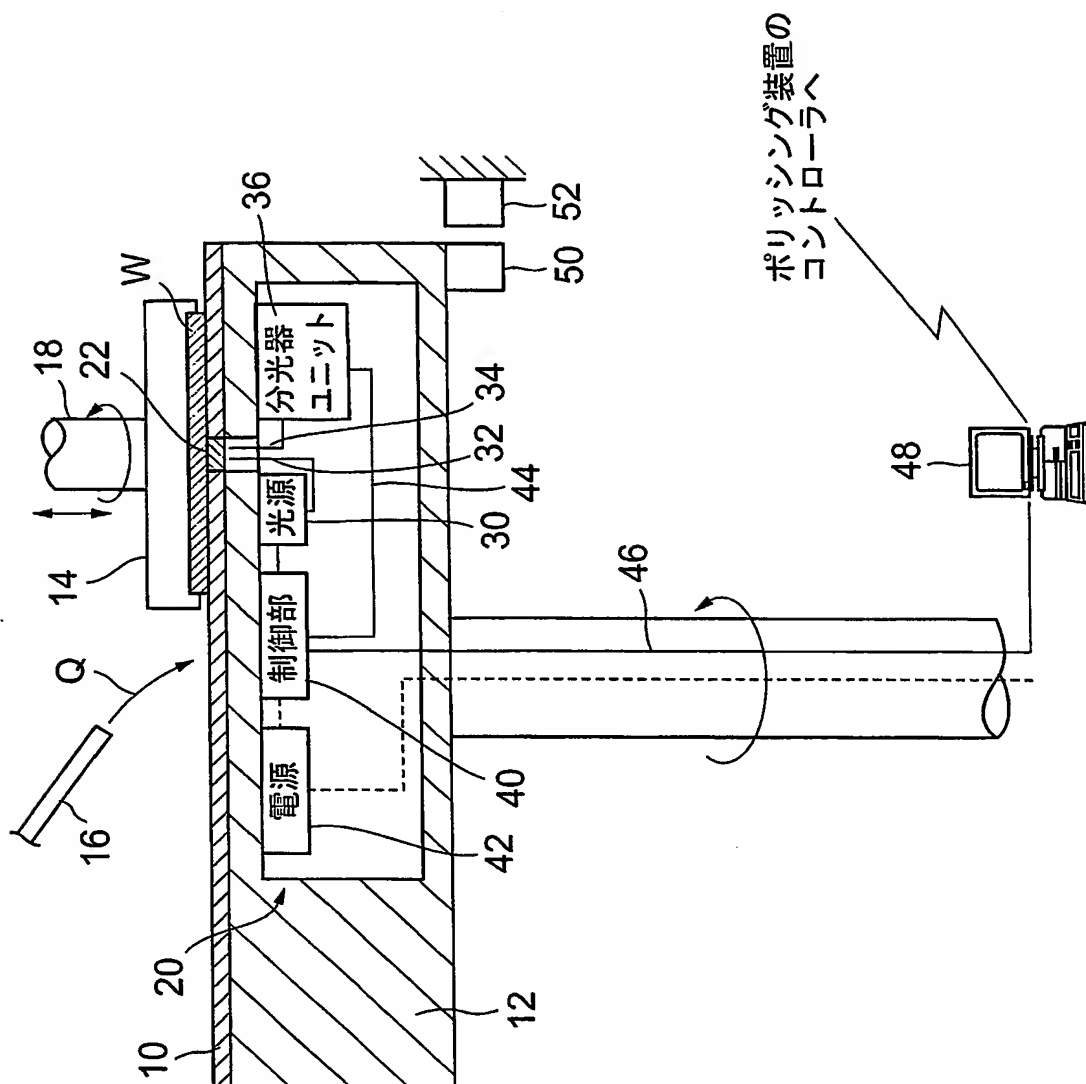
【符号の説明】

【0121】

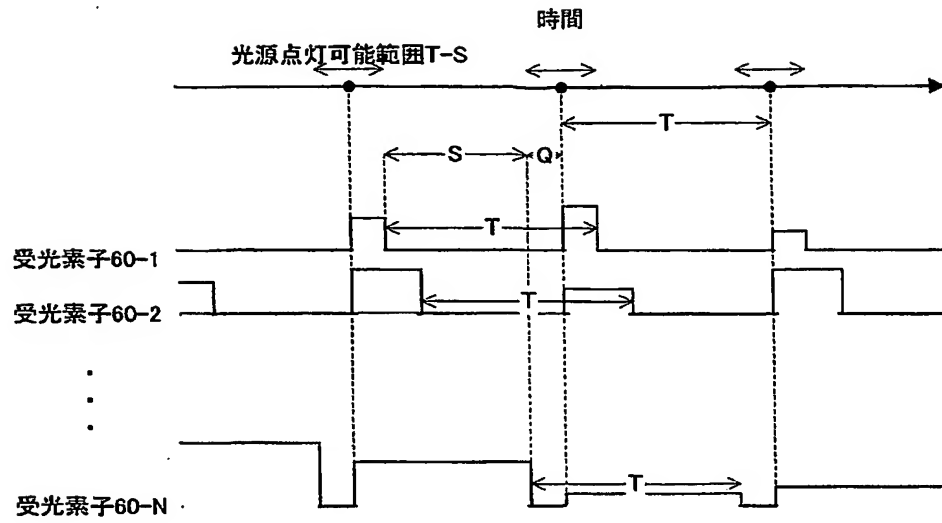
- 10 研磨布
- 12 研磨テーブル
- 14 トップリング
- 16 研磨液供給ノズル
- 18 トップリングシャフト
- 20 研磨状態監視装置
- 22 透光部
- 30 光源
- 32 発光光ファイバ
- 34 受光光ファイバ
- 36 分光器ユニット
- 40 制御部

42 電源
44, 46 ケーブル
48 演算部
50 近接センサ
52 ドグ
60-1 ~ 60-N 受光素子
C_W ウェハの中心
C_L 透光部の中心
C_T 研磨テーブルの中心
L_{T-W} ウェハ中央線
Q 研磨液
W 半導体ウェハ (研磨対象物)

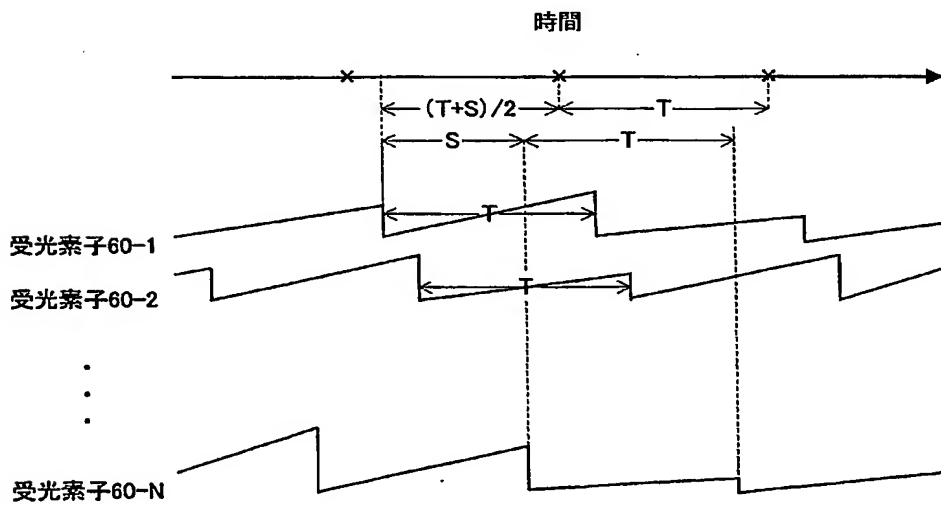
【書類名】 図面
【図 1】



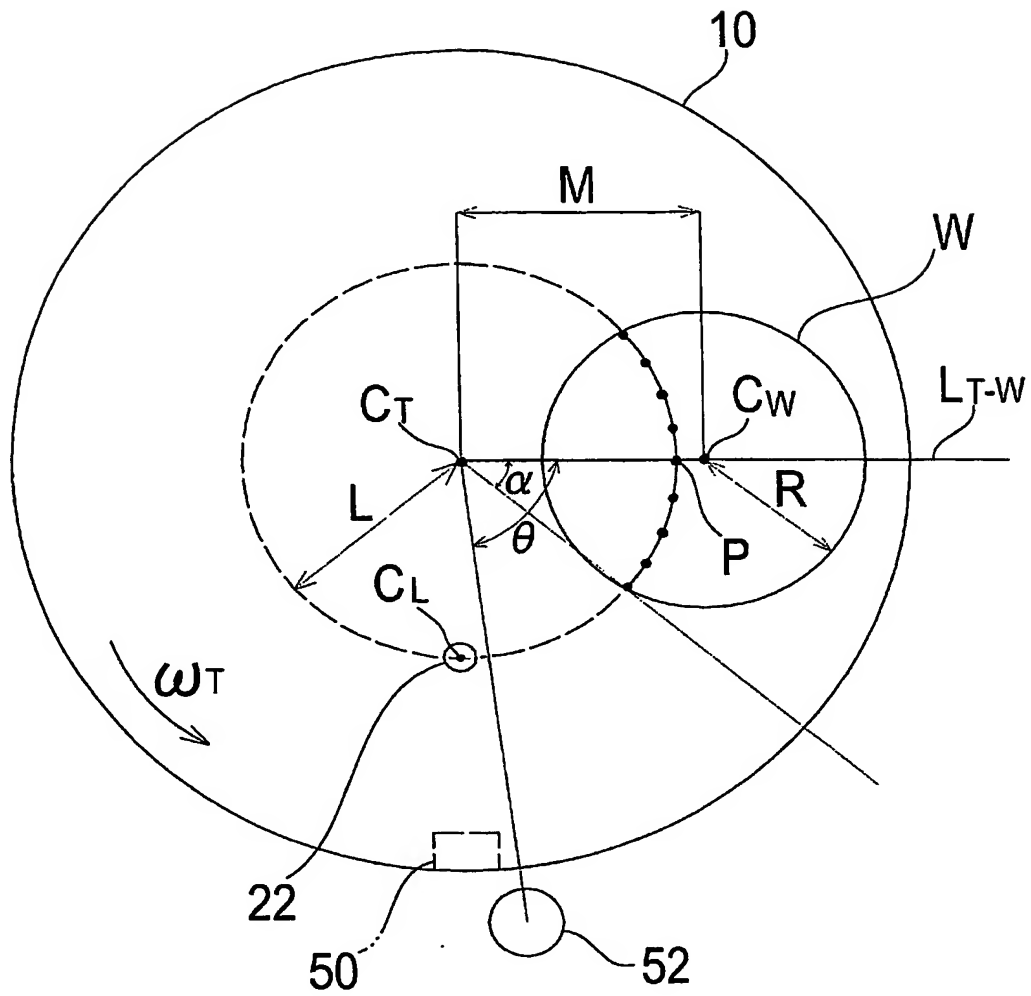
【図 2】



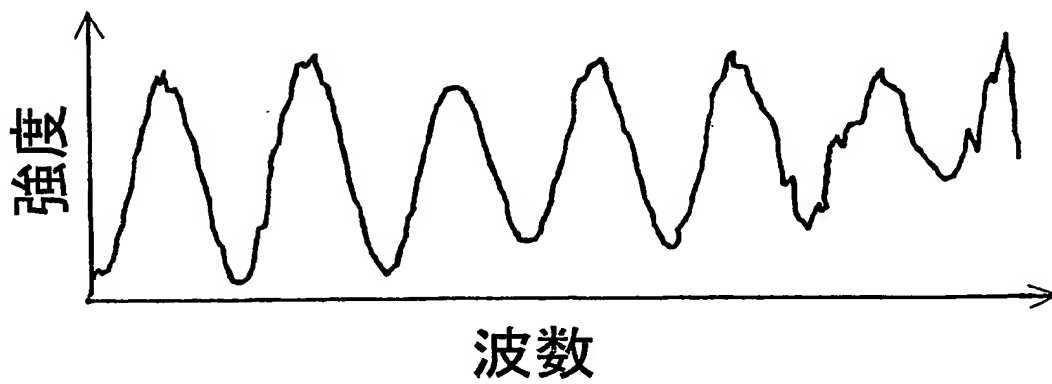
【図 3】



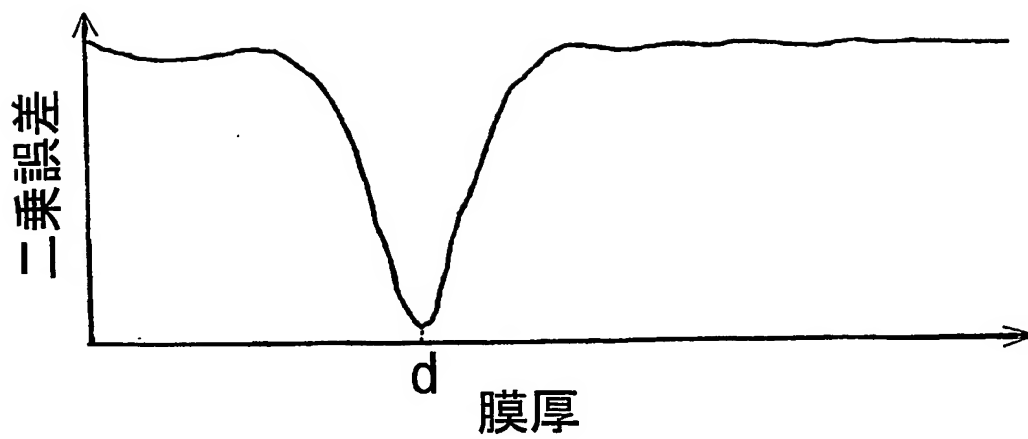
【図 4】



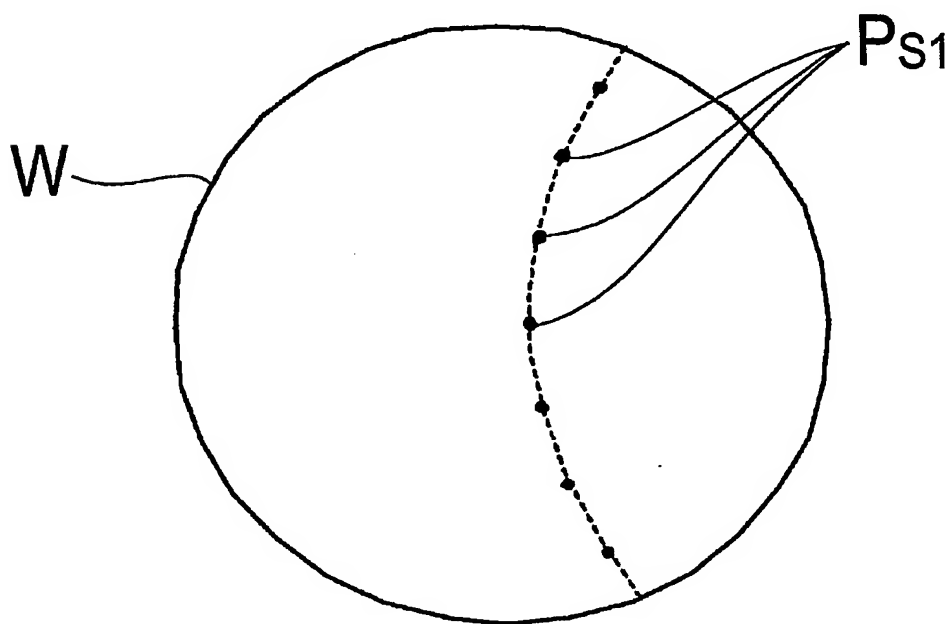
【図 5】



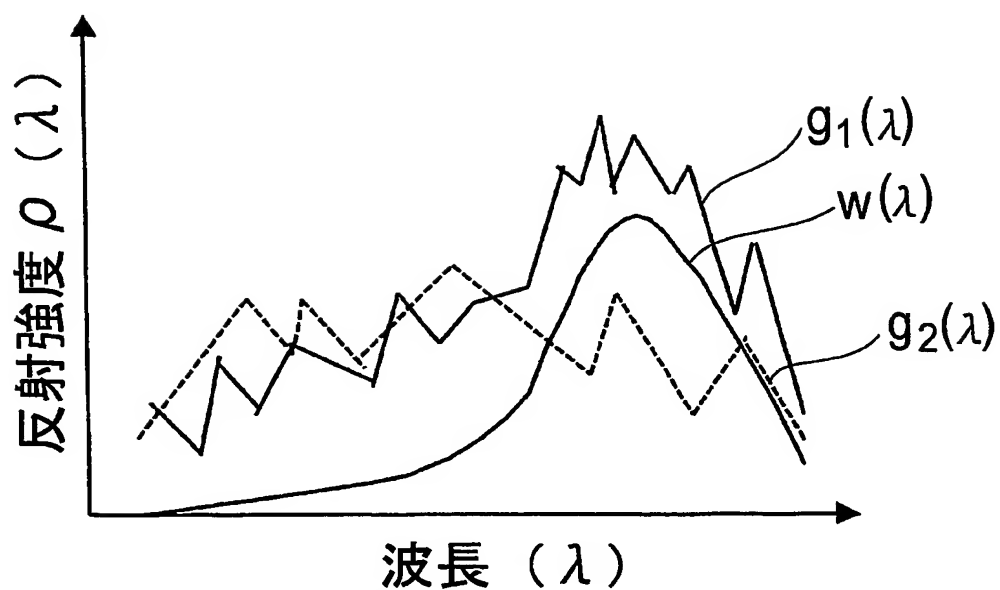
【図 6】



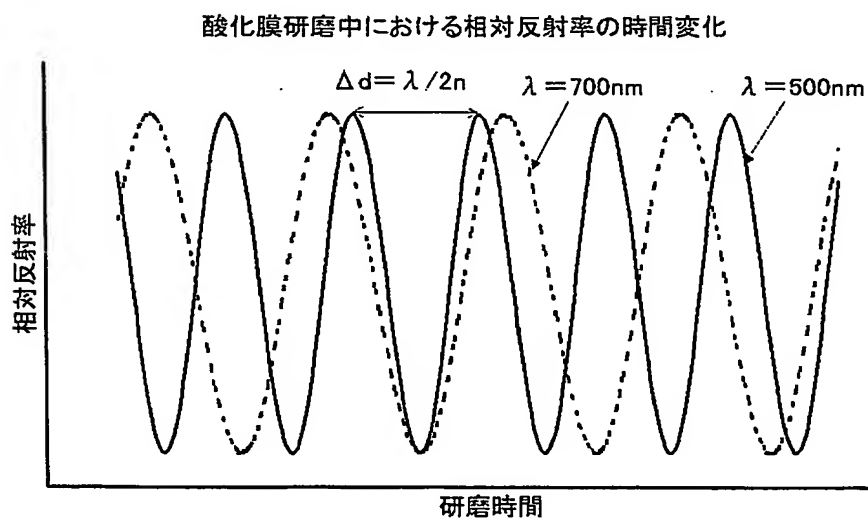
【図 7】



【図 8】

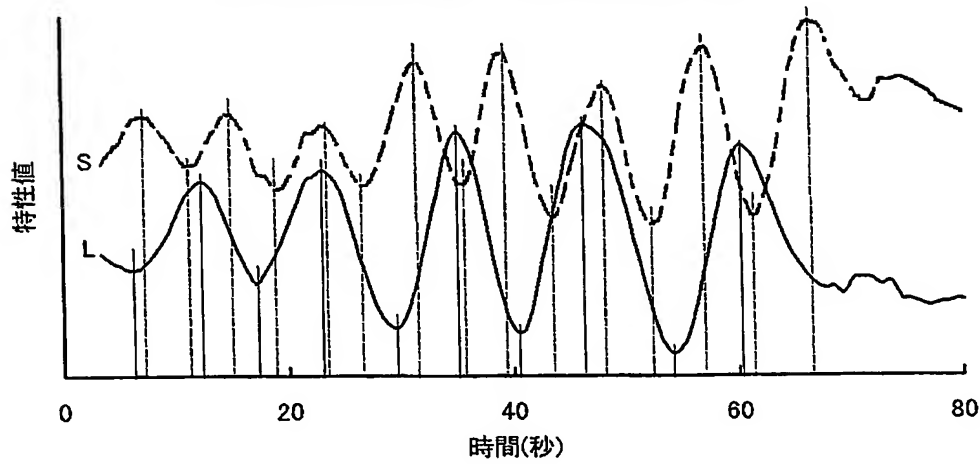


【図 9】

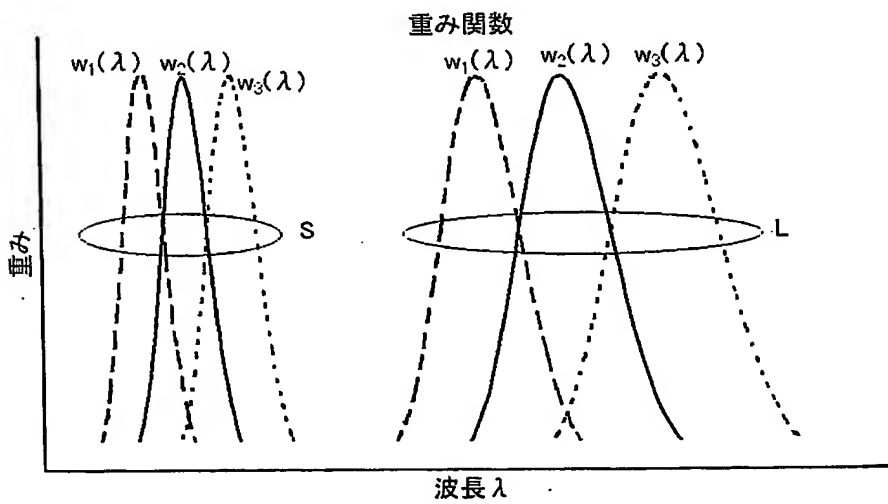


【図 10】

重み関数波長域の違いによる特性値周期の変化

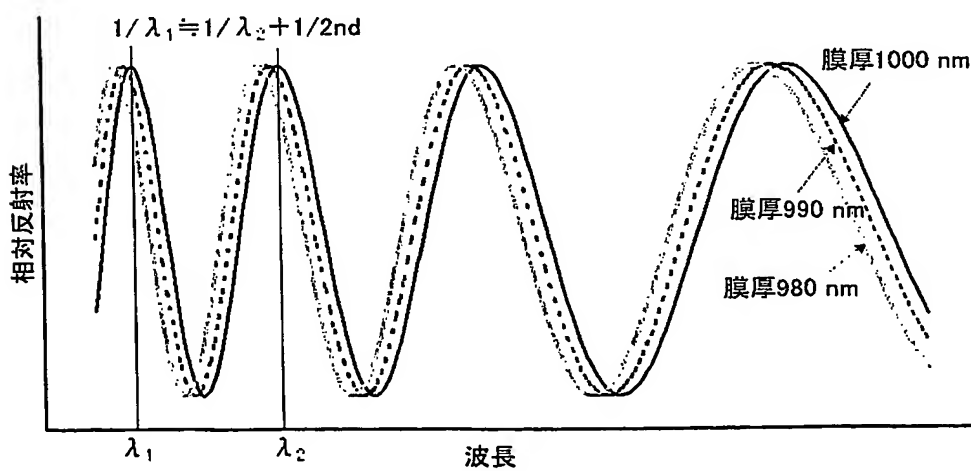


【図 11】



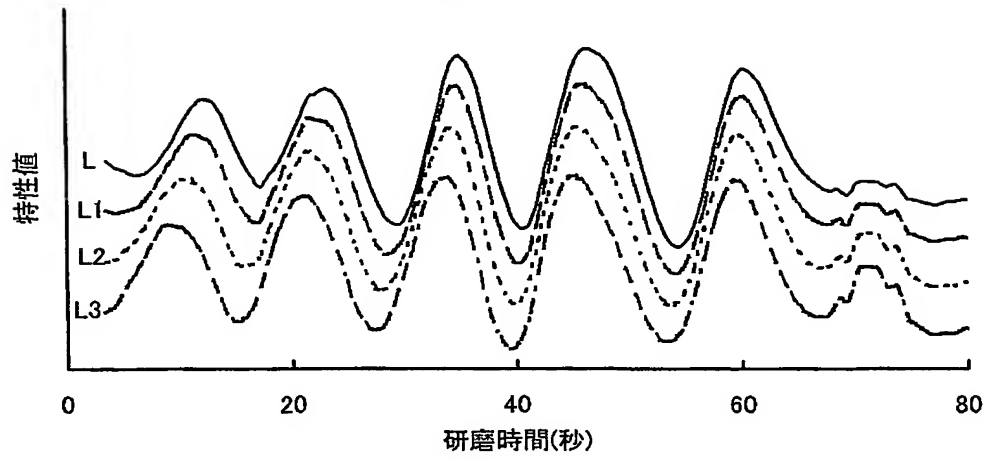
【図 12】

酸化膜のスペクトル波形

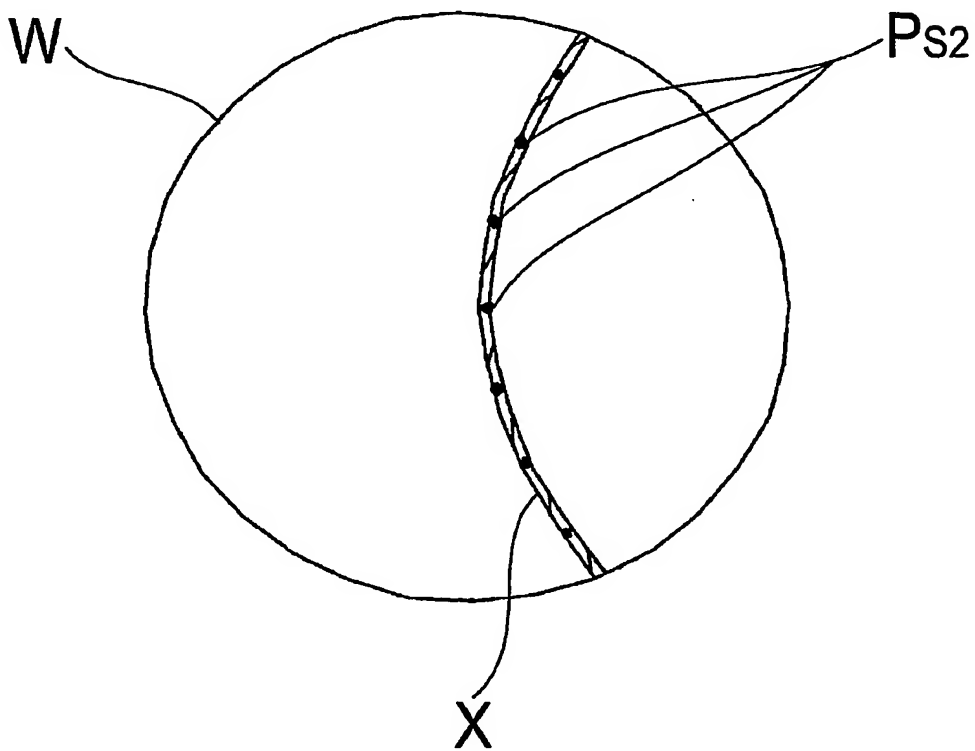


【図 13】

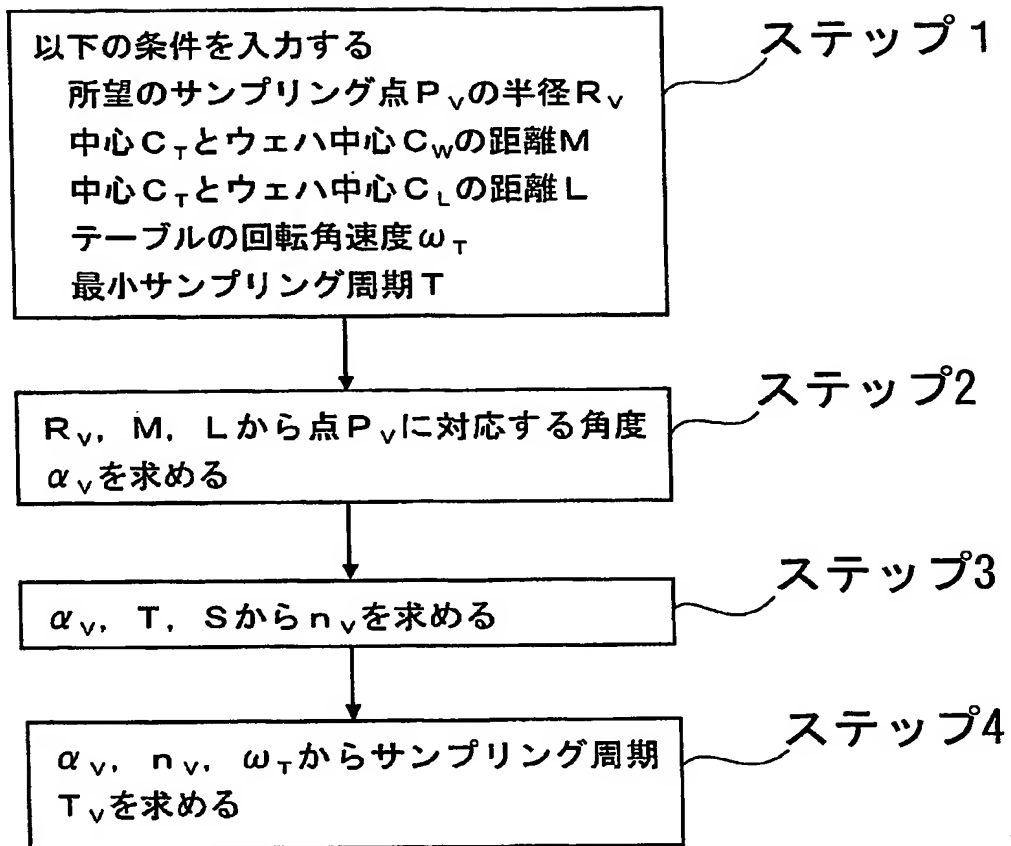
重み関数の波長域移動に対する特性値の位相変化



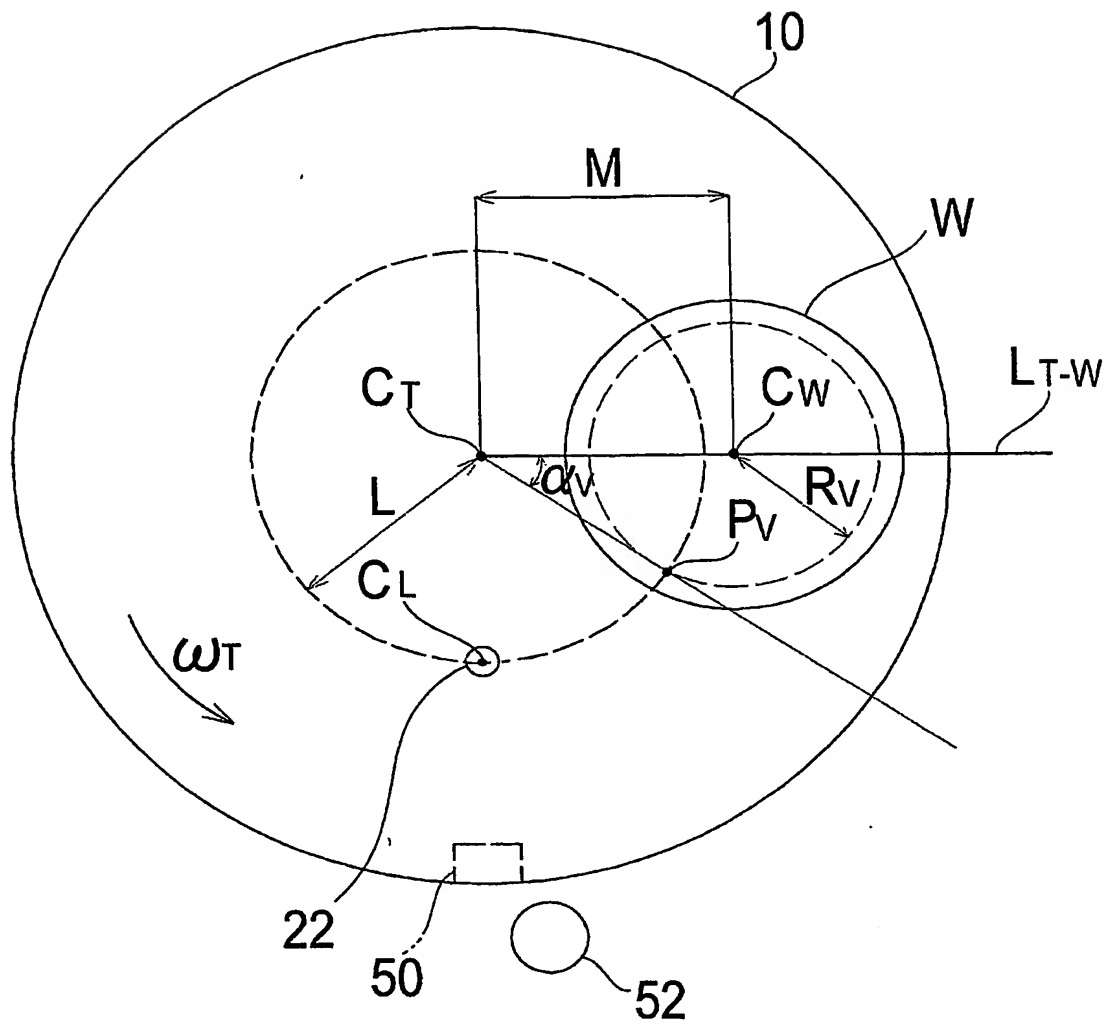
【図 14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 研磨中の研磨対象物の被研磨面上の膜の状態を精度よく、かつ、安価に測定することができる研磨状態監視装置を提供する。

【解決手段】 光源 30 と、光源 30 からの光を半導体ウェハ W の被研磨面に光を照射する発光光ファイバ 32 と、ウェハ W の被研磨面からの反射光を受光する受光光ファイバ 34 と、受光された反射光を複数の波長に分光する分光器と、分光された複数の波長の光を電気的情報として蓄積する受光素子と、受光素子に蓄積された電気的情報を読み取って反射光のスペクトルデータを生成するスペクトルデータ生成部と、研磨テーブル 12 の回転に同期した所定のタイミングで受光素子によるサンプリングを行う制御部 40 と、スペクトルデータ生成部により生成されたスペクトルデータに基づいて、ウェハ W の被研磨面における所定の特性値を算出する演算部 48 とを備えた。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-321639
受付番号	50301519420
書類名	特許願
担当官	北原 良子 2413
作成日	平成15年 9月19日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000000239
【住所又は居所】	東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
【氏名又は名称】	株式会社荏原製作所

【特許出願人】

【識別番号】	000001993
【住所又は居所】	京都府京都市中京区西ノ京桑原町 1 番地
【氏名又は名称】	株式会社島津製作所

【代理人】

【識別番号】	申請人
【識別番号】	100091498
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7-5-8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 勇

【選任した代理人】

【識別番号】	100092406
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7-5-8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	堀田 信太郎

【選任した代理人】

【識別番号】	100093942
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7-5-8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	小杉 良二

【選任した代理人】

【識別番号】	100109896
【住所又は居所】	東京都新宿区西新宿 7-5-8 GOWA 西新宿 4 階 渡辺・堀田特許事務所
【氏名又は名称】	森 友宏

特願 2 0 0 3 - 3 2 1 6 3 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 0 2 3 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所

特願 2003-321639

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001993]

1. 変更年月日

1990年 8月27日

[変更理由]

新規登録

住 所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

氏 名

株式会社島津製作所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.